

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT IUNR



Subalpine und alpine Zwergstrauchheiden unter besonderer Berücksichtigung der Flechten

von

Timon Bruderer

Bachelorstudiengang Umweltingenieurwesen

Abgabedatum: 14.01.2021

Korrektoren: Jürgen Dengler, Steffen Boch, Manuel Babbi

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Grüental, 8820 Wädenswil

Zusammenfassung

In der Schweiz werden subalpine und alpine Zwergstrauchheiden (Klasse *Loiseleurio procumbentis-Vaccinietea*) auf saurem Boden bislang in drei Verbände eingeteilt: *Juniperion nanae*, *Rhododendro ferruginei-Vaccinion* und *Loiseleurio procumbentis-Vaccinion*. In dieser Arbeit wird untersucht, ob sich diese Klassifikation im Rahmen einer datenbasierten Untersuchung bestätigt. Aus diesem Grund wurden auf der Alp Glivers (Graubünden, Schweiz) 55 Aufnahmen mit 10 m² Plots erfasst und mit TWINSpan gruppiert. Anschliessend wurden die gemessenen Umweltparameter und die Zeigerwerte mit Hilfe des Kruskal-Wallis Verfahrens auf Unterschiede untersucht. Der Datensatz konnte in drei Verbände (*Loiseleurio procumbentis-Vaccinion*, *Rhododendro ferruginei-Vaccinion* und *Juniperion nanae*) und fünf Assoziationen (*Loiseurio-Cetrarietum*, *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, *Rhododendron ferruginei*, *Cetrario-Rhododendretum* und *Junipero-Arctostaphyletum*) eingeteilt werden. Signifikante Unterschiede wurden unter anderem in der Ausprägung der Kryptogamenschicht (Deckungsgrad, Artenreichtum und Artenanteil), in der Neigung und in der Höhe über Meer detektiert. Es wird jedoch empfohlen, das Untersuchungsgebiet auszuweiten, um die Übertragbarkeit dieser Erkenntnisse in einem überregionalem Kontext zu untersuchen.

Schlüsselwörter:

Alpine Zwergstrauchheiden, Flechten, *Juniperion nanae*, Klassifizierung, Kryptogamen, *Loiseleurio procumbentis-Vaccinietea*, *Loiseleurio procumbentis-Vaccinion*, *Rhododendro ferruginei-Vaccinion*, Syntaxonomie, subalpine Zwergstrauchheiden

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Material und Methoden	3
2.1	Untersuchungsgebiet:	3
2.2	Vegetationsökologische Datenerhebung:	4
2.3	Klassifikation	5
2.4	Statistische Methoden.....	5
3	Ergebnisse	7
3.1	Flora	7
3.2	Twinspan Clusterbildung	7
3.3	Synoptische Tabelle und Klassifikation.....	8
3.4	Vergleich der unterschiedlichen Vegetationseinheiten	11
3.5	Beschreibung der Vegetationseinheiten auf Assoziationsebene	13
4	Diskussion.....	15
4.1	Synoptische Tabelle und Klassifikation.....	15
4.2	Unterschiede der Vegetationseinheiten.....	17
4.3	Fazit und Ausblick	19
	Danksagung.....	20
	Literaturverzeichnis.....	21
	Anhang	

1 Einleitung

Zwergstrauchheiden oberhalb der Waldgrenze besiedeln Standorte mit schwierigen klimatischen Bedingungen und unproduktiven Böden. Folglich wächst die Vegetation sehr langsam und ist dominiert durch mehrjährige und kleinwüchsige Arten, die oft ledrige und immergrüne Blätter aufweisen (Delarze et al., 2015; Grabherr et al., 2010). Deshalb sind Zwergstrauchheiden im Vergleich mit anderen Gesellschaften sehr stabile Systeme (Keatinge, 1975). Aufgrund ihrer lückigen Struktur werden Voraussetzungen für verschiedene mikroklimatische Verhältnisse geschaffen. Dies ermöglicht konkurrenzschwachen Flechten und Moosen sich neben den Gefäßpflanzen zu etablieren, so dass sie einen erheblichen Anteil an der Biomasse der Vegetation ausmachen können (bis zu 56% der Biomasse) (Delarze et al., 2015; Ellenberg & Leuschner, 2010; Reisigl & Keller, 1994; Wirth et al., 2013).

Untersuchungen mit dem Fokus auf der Klassifikation von subalpinen und alpinen Zwergstrauchgesellschaften scheinen in Europa nur vereinzelt durchgeführt worden zu sein. Hinzu kommt, dass einige dieser Arbeiten Flechten und Moose in den Klassifikationsprozess mit einbeziehen, während dem Andere sich ausschliesslich auf vasculäre Pflanzen konzentrieren. (Dakschobler & Surina, 2017; Mardari et al., 2013; Mardari et al., 2020). In umfassenden Klassifikationswerken (Chytrý, 2010; Jarolímek et al., 2008; Mucina et al., 2016; Pott, 1995; Sanda et al., 2008; Schubert et al., 2010) werden die arktisch-alpinen Windheiden (Klasse *Loiseleurio procumbentis-Vaccinietae*) unter Berücksichtigung von Flechten und auch Moosen charakterisiert. Aufgrund der Komplexität einer umfassenden Klassifikation können solche Werke jedoch nicht immer eine einheitliche Methodik gewährleisten und beziehen sich teilweise auf Experten-Meinungen (Mucina et al., 2016; Pott, 1995; Schubert et al., 2010). Experten-Meinungen sind sehr wertvoll, aber in ihrer Aussagekraft begrenzt. Es besteht nämlich die Gefahr, dass aufgrund subjektiver Wahrnehmungen fehlerhafte Angaben gemacht werden. Deshalb sind datenbasierte Untersuchungen wichtig, da sie vergleichbare und reproduzierbare Erkenntnisse liefern (Dengler et al., 2008).

In der Schweiz wurden nach Delarze et al. (2015) sechs Zwergstrauchgesellschaften definiert. Diese Einteilung, wie auch die jeweiligen Informationen der einzelnen Lebensraumtypen, basieren auf unterschiedlich präzisen Datengrundlagen. So wird auch explizit darauf hingewiesen, dass zum Beispiel die Auflistung der Kennarten «keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit» erhebt (Delarze et al., 2015). Von den insgesamt sechs im Buch beschriebenen Zwergstrauch-Lebensraumtypen wachsen vier in höheren Lagen (hochmontan bis alpin): Das *Ericion (carneae)*, Das *Juniperion nanae*, das *Rhododendro (ferruginei)-Vaccinion* und das *Loiseleurio (procumbentis)-Vaccinion*. Die drei letztgenannten wachsen auf saurem Boden. Das *Juniperion nanae* zeichnet sich durch trockenheitszeigende Zwergsträucher aus und befindet sich auf sonnigen Felsabhängen. Die dort wachsende Vegetation ist sowohl an Sommertrockenheit als auch an tiefe Wintertemperaturen angepasst. Das *Rhododendro-Vaccinion* besiedelt eher schattige Standorte, welche lange Zeit durch eine Schneedecke isoliert ist und somit die Alpenrose vor tiefen Temperaturen schützt. Ein Unterwuchs aus grossen Moospolstern und ein hoher Deckungsgrad an *Rhododendron ferrugineum* und *Vaccinium myrtillus* ist typisch. Das *Loiseleurio-Vaccinion* hingegen besiedelt exponierte Windkuppen, auf welchen aufgrund der fehlenden Schneedecke sehr tiefe Temperaturen herrschen können. Während dem auf diesen Extremstandorten *Loiseleuria procumbens* und verschiedene Bodenflechten dominieren, setzt sich diese Gesellschaft in der subalpinen Stufe und an weniger exponierten Stellen mehr und

mehr aus *Empetrum nigrum* und *Vaccinium gaultherioides* zusammen (Delarze et al., 2015). Aufgrund der Datelage jedoch werden keine präzisen Angaben zur standörtlichen Abgrenzung gemacht. Die Kennarten beruhen teilweise nicht auf datenbasierten Arbeiten und sind aus diesem Grund eventuell unvollständig, dies sowohl bei Gefäßpflanzen als auch bei Moosen und Flechten. Ausserdem fehlt eine Unterteilung in Assoziation weitgehend.

In dieser Arbeit wird der Frage nachgegangen, ob die Einteilung der Zwergstrauchgesellschaften nach Delarze im Rahmen einer pflanzensoziologischen Arbeit bestätigt werden kann. Zusätzlich wird untersucht, ob eine weitergehende Unterteilung in Assoziationen möglich ist. Dazu werden Vegetationsaufnahmen in Zwergstrauchheiden der Silikatalpen durchgeführt, in denen neben den Gefäßpflanzen auch Flechten und Moose berücksichtigt werden. Mit Hilfe von statistischen Verfahren werden die Daten gruppiert und in einer synoptischen Tabelle dargestellt. Die Ergebnisse stehen exemplarisch für Zwergstrauchgesellschaften auf silikatischem Untergrund.

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet:

Das Untersuchungsgebiet auf der Alp Glivers (lat: 46.76212; long: 8.93299) befindet sich in den Silikatalpen der Schweiz (Abbildung 1). Die geologische Unterlage ist kristallin und gehört zum Aar-Massiv. Unter den Gesteinen befinden sich Diorit, Gabbrodiorit, Paraschiefer und -gneise und Punteglias-Granit (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2020). Das Klima entspricht einem Gebirgsklima. Dieses zeichnet sich durch tiefe mittlere Jahrestemperaturen (zwischen -2° und 0° C (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2020)), hohe Niederschlagsmengen (1300-1700 mm (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2020)), oft in Form von Schnee) und tiefe Luftfeuchtigkeit aus (Baltisberger et al., 2013). Das Untersuchungsgebiet erstreckt über ca. fünf km^2 und reicht von 1789 M.ü.M. bis 2351 M.ü.M. Der Hang ist südlich exponiert. Die Vegetation besteht aus einem Mosaik von Zwergstrauchheiden, subalpinen Rasen und einzelnen, regionalen Flachmooren (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2020). Landwirtschaftlich wird die Alp für eine extensive Beweidung durch Kühe und Ziegen genutzt. Daneben ist die Region auch ein beliebtes Wandergebiet. Der Teil der Aufnahmen wurden in potenziellem Waldgebiet durchgeführt. Die Bäume wurden im Laufe der Besiedlung zur Holzgewinnung (Bauen, Heizen und Bergbau) und Gewinnung von Weideflächen gefällt (Zuber, 2010).



Abbildung 1. Alp Glivers, mit Blickrichtung Piz Glivers Dado und Piz Glivers Dadens (eigene Aufnahme, 2020)

2.2 Vegetationsökologische Datenerhebung:

Die Vegetationsaufnahmen fanden zwischen dem 4.9.2020 und dem 17.9.2020 statt. Die Grösse der Plots betrug 10 m² (Delarze et al., 2015). Für die Auswahl der Plots wurden drei Kriterien beachtet: Deckung von Zwergsträuchern innerhalb der Gefässpflanzen mindestens 50 % oder höher, unterschiedliche Höhenlagen und unterschiedliche Expositionen. Die Plots wurden an Orten aufgenommen, auf denen kaum oder nur eine sehr extensive Beweidung stattfindet. Innerhalb der Aufnahmeflächen wurden alle Arten aufgenommen, inklusive Flechten und Moose. Arten, die nicht vor Ort bestimmt werden konnten, sind für die Nachbestimmung eingepackt worden. Von folgenden Schichten wurde der Deckungsgrad geschätzt: Die gesamte Vegetation, die Krautschicht, die Strauchschicht, von den Zwergstrauchheiden, den Flechten und den Moosen. Zusätzlich wurde der Anteil an Steinen (> 63 mm), an Kies (2 – 63 mm), an Feinerde (< 2 mm), an Totholz und Streu erfasst, wobei die drei erstgenannten zusammen 100 % ergeben müssen. Daneben wurde die mittlere Vegetationshöhe gemessen, in dem der Durchschnitt aus 5 zufälligen Messungen mit Doppelmeter genommen wurde. Das Mikrorelief wurde ebenfalls mit Doppelmetern aufgenommen. Die Bodengründigkeit erfolgte durch 5 Messungen mit einem 20 cm langem Hering, jeweils in der Mitte der 4 Seitenlinien und in der Mitte des Plots. Im Falle, dass der Boden tiefer als der Hering war, wurde die Tiefe mit 20+ cm angegeben. Die Exposition wurde mittels Kompass ermittelt, während dem die Neigung mithilfe eines Schmiegen gemessen wurde. Die Meter über Meer wurden nachträglich über die Koordinaten der Plots ermittelt.

In jedem Plot wurden Bodenproben genommen, welche sich aus einer Mischprobe von 5 zufällig verteilten Bodenproben innerhalb der Aufnahmefläche zusammensetzten. Diese wurden nachträglich mit einem pH-Messgerät auf den pH und die Leitfähigkeit untersucht. Um die Bodenproben vorzubereiten wurden diese möglichst von Wurzeln, Steinen und ähnlichem gesäubert und mithilfe eines Mörsers homogenisiert. Danach wurden 10 g der Probe mit 25 g destilliertem Wasser vermischt, mindestens 30 min stehen gelassen und anschliessend mit dem pH-Messgerät gemessen. Die Datenerhebung orientierte sich an Dengler et al. (2016).

Die Nachbestimmung der Flechten- und Moosproben erfolgte mithilfe von Lupe, Binokular und Mikroskop. Bei den Flechten wurde zusätzlich mit den Reagenzien P (para-Phenylendiaminlösung), K (Kaliumhydroxid-Lösung), C (Natriumhypochlorit-Lösung) und J (Lugol'sche Lösung) gearbeitet, wobei keine Dünnschichtchromatographie durchgeführt wurde. Bei der Nachbestimmung konnte folglich zum Beispiel nicht zwischen *Cladonia chlorophaea* und *Cladonia grayi* s. lat. unterschieden werden und alle entsprechenden Arten wurden als *Cladonia chlorophaea* agg. bezeichnet. Für die wissenschaftlichen Artnamen wurden folgende Quellen als Referenz verwendet: (Clerc & Truong, 2012; Institut für Systematische und Evolutionäre Botanik, 2020; Juillerat et al., 2017). Neben den eigenen Erhebungen wurden zusätzlich 12 Plots zum Datensatz hinzugefügt. Diese wurden im Rahmen des 14. EDGG-Feldworkshops erhoben (Dengler et al., 2020).

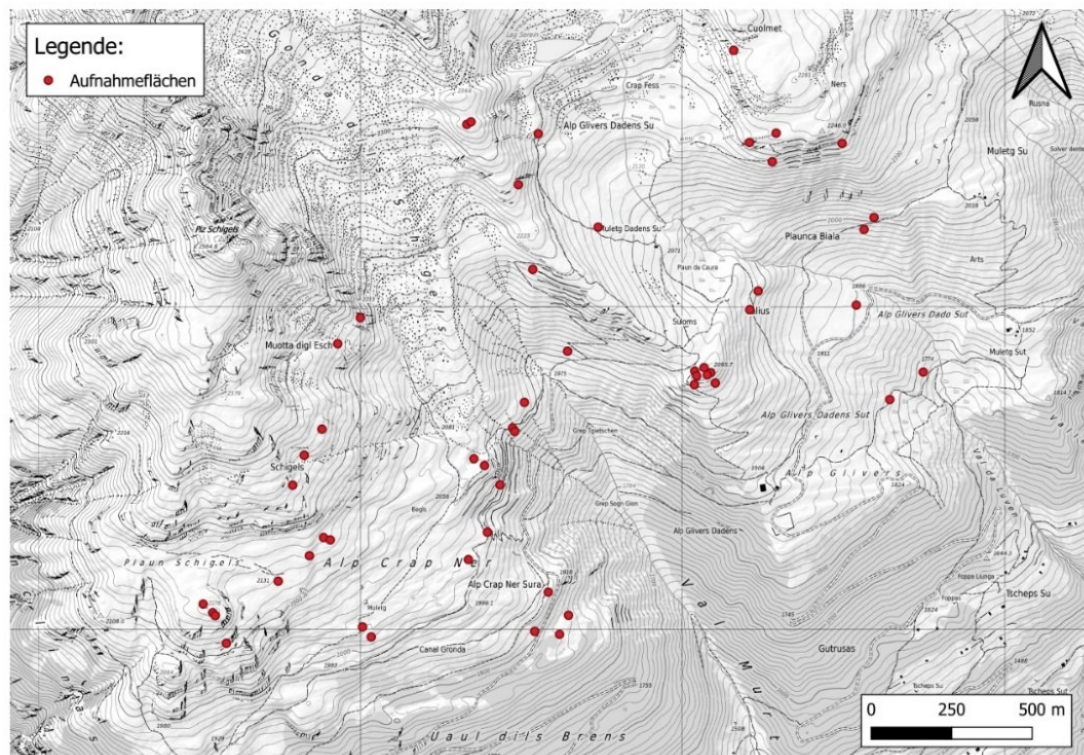


Abbildung 2. Kartenausschnitt der Region Alp Glivers mit Aufnahmestandorten (rote Punkte) (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2020)

2.3 Klassifikation

Die Klassifikation erfolgte mit JUICE 7.1 (Tichý, 2002). Mit Hilfe von TWINSpan (Hill, 1979) (Pseudospecies cut level: 1; Values of cut level: 0; Minimum group size: 10; Max. level of deviations: 6) wurde die erste Einteilung vorgenommen. Anschliessend wurden die Cluster in Excel nachbearbeitet, so dass floristisch gut differenzierbare Gruppen entstanden. Die diagnostischen Arten für die jeweiligen Gruppen konnten mit standardisierten Phi-Werten (Tichý, 2002; Tichý & Chytrý, 2006) definiert werden ($\phi > 0.5$ = hoch diagnostische Art; $\phi > 0.25$ = diagnostische Art.). Die Gruppenbildung wurde auf zwei Hierarchieebenen durchgeführt (Verband und Assoziation). Anhand der Literatur (Chytrý, 2010; Delarze et al., 2015; Jarolínek et al., 2008; Mardari et al., 2013; Mardari et al., 2020; Mucina et al., 2016; Pott, 1995; Sanda et al., 2008; Schubert et al., 2010) wurde die syntaxonomische Einteilung der Gruppen vorgenommen.

2.4 Statistische Methoden

Die Daten wurden mit MS-Excel (Version 2011) verwaltet. Zur statistischen Analyse wurde R (Version 3.6 (The R Foundation for Statistical Computing, 2019)) in Kombination mit R-Studio (Version 1.1.383) verwendet. Die Normalverteilung wurde mit Hilfe von QQPlots (visuelle Analyse), dem Kolmogorov-Smirnov Test und Shapiro-Wilk Test eruiert. Einzelne Cluster (2.1 und 3.1 $n=4$) wiesen nicht genug Datensätze auf, um eine Normalverteilung der Daten oder auch der Residuen zu prüfen. Aus diesem Grund wurde das Kruskal-Wallis Verfahren angewandt. Das Verfahren wurde zweiseitig durchgeführt (Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$) um auf Unterschiede in den Medianen der erhobenen Messwerte der Artenzahl, Deckung der gesamten Vegetation, Deckung der

Kryptogamenschicht, Meter über Meer und Neigung auf Assoziationsstufe und auf Verbandsstufe zu testen. Anschließend wurde eine Post-Hoc Analyse (Pairwise Wilcoxon Test) angehängt ($\alpha = 0.05$). Die Zeigerwerte nach Landolt et al. (2010) wurden mit Vegedaz (Küchler, 2019) für die Gefäßpflanzen ergänzt. Dabei wurde das Mittel (seltene Arten wurden weniger stark gewichtet) für die Feuchtigkeitszahl, Reaktionszahl, Nährstoffzahl, Lichtzahl, Temperaturzahl und Kontinentalitätszahl pro Plot berechnet.

Die Resultate wurden mithilfe von Scatterplots, Barplots oder Boxplots visualisiert (Kauf, 2020). Bei Boxplots bezeichnen das 25% und das 75% Quantil die Ränder der Box, die Linie darin das 50% Quantil (Median). Die Länge der Whisker beträgt nach oben höchstens 1,5-mal die Länge des Quartilsabstands, gemessen vom oberen Ende der Box. Größere Werte wurden einzeln eingezeichnet. Analog wurde die Länge der Whisker nach unten definiert.

Die Ordination erfolgte ebenfalls mit R (Version 3.6.1) und R-Studio (Version 1.1.383). Zusätzlich wurde auf das Package „Vegan“ (Oksanen et al., 2020) zurückgegriffen. Sie wurde durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen ökologischen Parametern und den Vegetationsaufnahmen zu visualisieren. Bei der „Detrended Correspondence Analysis« (DCA) wurden seltene Arten weniger stark gewichtet (Funktion: `decorana(artenliste, iweigh=1)`).

3 Ergebnisse

3.1 Flora

In dieser Arbeit wurden 204 Arten identifiziert. Darunter befinden sich 51 Flechtenarten und 60 Moosarten (Moose und Lebermoose), den Rest bilden Gefäßpflanzen. Unter den Gefäßpflanzen wurde *Vaccinium gaultherioides* in 52 Plots gefunden und ist somit die häufigste Art. *Vaccinium myrtillus* ist in 51 und *Calluna vulgaris* in 50 Aufnahmen vertreten. *Pleurozium schreberi* ist mit einer Häufigkeit von 43 das meist gefundene Moos, gefolgt von der häufigsten Flechte *Cetraria islandica*. Dieses wurde in 40 Plots entdeckt. Die Artenzahl bewegte sich zwischen 50 (Plot Nr. 49) und 13 Arten (Plot Nr. 27), mit einem Mittelwert von 31.5. Mit 22 Flechten hatte der Plot 47 die meisten Flechtenarten und mit 16 Moosarten hatte der Plot 49 die meisten Moos/Lebermoosarten.

3.2 Twinspan Clusterbildung

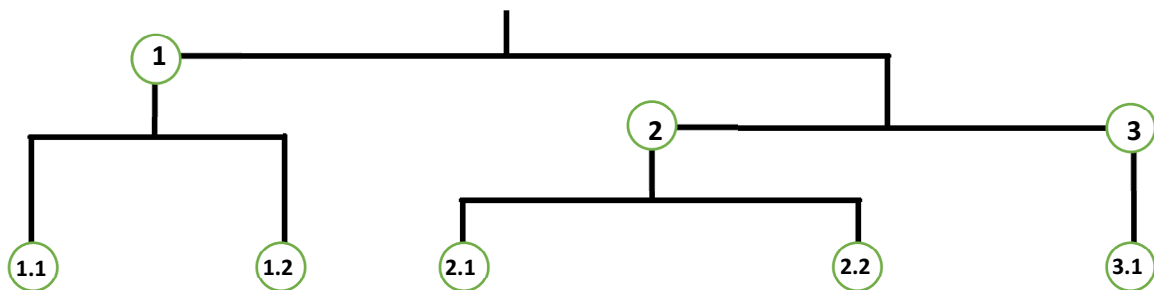


Abbildung 3. Darstellung des Cluster-Tree mit 2 Hierarchieebenen

Die Zuteilung der drei Cluster in die Verbandsebene wurde aufgrund der Artenverteilung vorgenommen (Abbildung 3). So deuteten die Arten von Cluster 1 Richtung Gämsheiden, während dem die Arten von Cluster 2 und 3 in Richtung Alpenrosenheiden zeigten. In einem weiteren Schritt ergab sich die Trennung zwischen den Alpenrosenheiden und Zwergwachholderheide. Auf Assoziationsebene wurde die Einteilung in fünf Cluster gewählt. Diese Aufteilung wurde gewählt, weil diese Cluster floristisch und ökologisch sinnvoll differenziert werden können.

3.3 Synoptische Tabelle und Klassifikation

Tabelle 1. Synoptische Tabelle mit 2 Hierarchiestufen. Ermittlung der diagnostischen Arten mit Hilfe von Phi-Werten, wobei $\phi_i > 0.5 = \text{"**"} \text{ und } \phi_i > 0.25 = \text{"*"} \text{ und } \phi_i > 0.1 = \text{"."}$

Ordnung	TOTAL	1	2	3					
					1	2	3		
Assoziation					1.1	1.2	2.1	2.2	3.1
Anzahl Plots	55	12	39	4	8	4	17	22	4
Verband 1 + 2									
Loiseleuria procumbentis-Vaccinium + Rhododendro ferruginei-Vaccinium									
Vaccinium gaultherioides Bigelow	95	100 *	97 *	50	100	100	100	95	50
Verband 1									
Loiseleuria procumbentis-Vaccinium									
Cladonia arbuscula (Wallr.) Flot.	55	100 **	46	.	100 *	100 *	82	18	.
Cetraria islandica subsp. islandica (L.) Ach.	73	100 **	69	25	100 *	100 *	100 *	45	25
Empetrum nigrum subsp. hermaphroditum (Hagerup) Böcher	47	92 **	38	.	88 *	100 *	71	14	.
Loiseleuria procumbens (L.) Desv.	33	83 **	21	.	75 *	100 **	29	14	.
Trapeliopsis granulosa (Hoffm.) Lumbsch	18	75 **	3	.	75 *	75 *	6	.	.
Huperzia selago (L.) Schrank & Mart.	7	25 *	3	.	25	25	6	.	.
Assoziation 1.1									
Loiseleuria-Cetrarietum									
Cetraria ericetorum Opiz	11	50 **	.	.	75 **	.	.	.	.
Thamnolia vermicularis (Sw.) Schaer.	11	50 **	.	.	75 **	.	.	.	.
Cladonia uncialis (L.) F. H. Wigg.	15	67 **	.	.	88 **	25	.	.	.
Flavocetraria nivalis (L.) Kärnefelt & A. Thell	9	42 **	.	.	63 **	.	.	.	.
Juncus trifidus L.	16	58 *	3	25	88 **	.	6	.	25
Flavocetraria cucullata (Bellari) Kärnefelt & A. Thell	13	58 **	.	.	75 **	25	.	.	.
Hieracium alpinum L.	35	83 **	23	.	100 **	50	47	5	.
Cladonia coccifera (L.) Willd.	15	58 *	.	25	75 **	25	.	.	25
Luzula lutea (All.) DC.	18	42 *	13	.	63 **	.	29	.	.
Alectoria ochroleuca (Hoffm.) A. Massal.	5	25 *	.	.	38 **	.	.	.	.
Carex curvula All.	5	25 *	.	.	38 **	.	.	.	.
Veronica bellidioides L.	5	25 *	.	.	38 **	.	.	.	.
Helictotrichon versicolor (Vill.) Pilg.	36	67 **	31	.	88 **	25	65 *	5	.
Cladonia squamosa Hoffm.	9	25 *	5	.	38 *	.	12	.	.
Cetraria aculeata (Schreb.) Fr.	4	17 *	.	.	25 *	.	.	.	.
Dibaeis baeomyces (L. f.) Rambold & Hertel	4	17 *	.	.	25 *	.	.	.	.
Racomitrium lanuginosum (Hedw.) Brid.	4	17 *	.	.	25 *	.	.	.	.
Cladonia rangiferina (L.) F. H. Wigg.	58	92 **	51	25	100 *	75	71	36	25
Polytrichum alpinum Hedw.	5	17 *	3	.	25 *	.	6	.	.
Polytrichum piliferum Hedw.	7	17 *	5	.	25 *	.	6	5	.
Primula hirsuta All.	9	25 *	3	25	38 *	.	6	.	25
Agrostis rupestris All.	2	8	.	.	13 *	.	.	.	.
Alectoria nigricans (Ach.) Nyl.	2	8	.	.	13 *	.	.	.	.
Arctostaphylos alpina (L.) Spreng.	2	8	.	.	13 *	.	.	.	.
Cladonia cf. borealis S. Stenroos	2	8	.	.	13 *	.	.	.	.
Cladonia cf. glauca Flörke	2	8	.	.	13 *	.	.	.	.
Dicranum cf. acutifolium (Lindb. & Arnell) C. E. O. Jensen	2	8	.	.	13 *	.	.	.	.
Ochrolechia frigida (Sw.) Lynge	2	8	.	.	13 *	.	.	.	.
Oreochloa disticha (Wulfen) Link	2	8	.	.	13 *	.	.	.	.
Placynthiella icmalea (Ach.) Coppins & P. James	2	8	.	.	13 *	.	.	.	.
Placynthiella oligotropa (J. R. Laundon) Coppins & P. James	2	8	.	.	13 *	.	.	.	.
Polygonum viviparum L.	2	8	.	.	13 *	.	.	.	.
Sorbus aucuparia L.	2	8	.	.	13 *	.	.	.	.
Diphysastrum alpinum (L.) Holub	9	17	8	.	25 *	.	18	.	.
Cladonia gracilis subsp. gracilis (L.) Willd.	4	8	3	.	13 *	.	.	5	.
Placynthiella uliginosa (Schrad.) Coppins & P. James	4	8	3	.	13 *	.	.	5	.
Polytrichum strictum Brid.	4	8	3	.	13 *	.	.	5	.
Assoziation 1.2									
Empetro-Vaccinietum gaultherioidis									
Cladonia grayi Sandst.	4	17 *	.	.	.	50 **	.	.	.
Placynthiella uliginosa (Schrad.) Coppins & P. James	4	17 *	.	.	.	50 **	.	.	.
Cladonia bellidiflora (Ach.) Schaer.	13	33 *	8	.	13	75 **	18	.	.
Carex brunnescens (Pers.) Poir.	5	17 *	3	.	.	50 **	6	.	.
Cladonia stellaris (Opiz) Pouzer & Vezda	9	33 *	3	.	25	50 *	6	.	.
Cephalozia bicuspidata (L.) Dumort.	2	8	.	.	.	25 *	.	.	.
Cladonia carneola (Fr.) Fr.	2	8	.	.	.	25 *	.	.	.
Icmadophila ericetorum (L.) Zahlbr.	2	8	.	.	.	25 *	.	.	.
Lepraria ecorticata (J.R. Laundon) Kukwa	2	8	.	.	.	25 *	.	.	.
Cladonia crispata (Ach.) Flot.	11	33 *	5	.	25	50 *	12	.	.
Cladonia macroceras (Delise) Hav.	33	58 *	28	.	50	75 *	47	14	.
Barbilophozia floerkei (F. Weber & D. Mohr) Loeske	5	8	5	.	.	25 *	6	5	.
Leucobryum glaucum aggr.	5	8	5	.	.	25 *	6	5	.
Cladonia sulphurina (Michx.) Fr.	4	17 *	.	.	13	25 *	.	.	.
Melampyrum sylvaticum L.	7	8	8	.	.	25 *	.	14	.
Pleurozium schreberi (Brid.) Mitt.	78	75	85 *	25	63	100 *	76	91	25
Sphagnum quinquefarium (Braithw.) Warnst.	11	8	13	.	.	25 *	6	18	.

Verband 2
Rhododendro ferruginei-Vaccinon
Rhododendron ferrugineum L.

Hylocomium splendens (Hedw.) Schimp.

Assoziation 2.1
Cetrario-Rhododendretum
Geum montanum L.

Agrostis schraderiana Bech.

Sempervivum montanum L.

Cf. Pseudorchis albida (L.) Å. Löve & D. Löve

Homogyne alpina (L.) Cass.

Ranunculus montanus aggr.

Peltigera canina (L.) Willd.

Alchemilla alpina aggr.

Nardus stricta L.

Leontodon helveticus Mérat

Assoziation 2.2
Rhododendretum feruginei
Luzula sylvatica aggr.

Melampyrum pratense L.

Rhytiadelphus triquetrus (Hedw.) Warnst.

Potentilla erecta (L.) Raeusch.

Cladonia fimbriata (L.) Fr.

Ptilidium ciliare (L.) Hampe

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn

Dicranum polysetum Sw.

Barbilophozia lycopodioides (Wallr.) Loeske

Maianthemum bifolium (L.) F. W. Schmidt

Oxalis acetosella L.

Blechnum spicant (L.) Roth

Solidago virgaurea L.

Verband 3 + Assoziation 3.1
Juniperion nanae +
Junipero-Arctostaphyletum
Laserpitium halleri Crantz

Campanula barbata L.

Rhytidium rugosum (Hedw.) Kindb.

Bryum capillare Hedw.

Cephalozia massalongi (Spruce) Müll.Frib.

Cynodontium fallax Limpr.

Epilobium angustifolium L.

Heterocladium heteropterum (Brid.) Schimp.

Lepraria lobificans Nyl.

Lophozia sudetica (Huebener) Grolle

Phyteuma betonicifolium Vill.

Pedicularis tuberosa L.

Gentiana acaulis L.

Brachytheciastrum velutinum (Hedw.) Ignatov & Huttunen

Hieracium murorum aggr.

Arctostaphylos uva-ursi (L.) Spreng.

Hieracium hoppeanum Schult.

Carex sempervirens Vill.

Hieracium intybaceum All.

Calamagrostis villosa (Chaix) J. F. Gmel.

Arnica montana L.

Potentilla aurea L.

Lotus alpinus (DC.) Ramond

Campanula scheuchzeri Vill.

Bartramia ithyphylla Brid.

Cardamine resedifolia L.

Encalypta vulgaris Hedw.

Hypnum cupressiforme Hedw.

Hypochaeris uniflora Vill.

Lepraria rigidula (B. de Lesd.) Tønsberg

Micarea cf. lignaria (Ach.) Hedl.

Pterigynandrum filiforme Hedw.

Syntrichia ruralis aggr.

Veronica fruticans Jacq.

Weissia rutilans (Hedw.) Lindb.

Galium anisophyllum Vill.

Pohlia nutans (Hedw.) Lindb.

Anthoxanthum odoratum aggr.

Picea abies (L.) H. Karst.

Geranium sylvaticum L.

Festuca rubra aggr.

Silene rupestris L.

Plagiothecium denticulatum (Hedw.) Schimp.

Racomitrium canescens aggr.

Arthrorhaphis citrinella (Ach.) Poelt

Cladonia furcata subsp. *furcata* (Huds.) Schrad.

Parmelia saxatilis (L.) Ach.

<i>Pulsatilla alpina</i> (L.) Delarbre	4	8	.	25 *	13	.	.	.	25 *
<i>Cladonia pyxidata</i> aggr.	38	33	36	75 *	38	25	65	14	75 *
<i>Alnus viridis</i> (Chaix) DC.	5	8	3	25 *	13	.	.	5	25 *
<i>Ligusticum mutellina</i> (L.) Crantz	24	17	23	50 *	25	.	47	5	50 *
<i>Cladonia pleurota</i> (Flörke) Schaer.	22	42	10	75 *	25	75 *	18	5	75 *
<i>Calypogeia muelleriana</i> (Schiffn.) Müll.Frib.	9	17	3	50 *	.	50 *	.	5	50 *
<i>Phyteuma hemisphaericum</i> L.	11	33	.	50 *	50 *	.	.	.	50 *
<i>Agrostis capillaris</i> L.	9	.	10	25 *	.	.	6	14	25 *
<i>Luzula luzuloides</i> (Lam.) Dandy & Wilmott	11	.	13	25 *	.	.	6	18	25 *
Begleitarten									
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	93	83	97	75	75	100	94	100	75
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	91	83	92	100	75	100	88	95	100
<i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drejer	87	75	90	100 *	75	75	82	95	100
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	82	67	85	100 *	63	75	76	91	100
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	47	33	54	25	25	50	47	59	25
<i>Cladonia chlorophaea</i> aggr.	36	8	44	50	13	.	41	45	50
<i>Gentiana purpurea</i> aggr.	33	25	36	25	13	50	35	36	25
<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>alpina</i> Čelak.	33	25	36	25	25	25	29	41	25
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	29	42	26	25	50	25	41	14	25
<i>Calypogeia integristipula</i> Steph.	20	17	23	.	13	25	18	27	.
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	20	8	23	25	.	25	12	32	25
<i>Sciuro-hypnum reflexum</i> aggr.	16	8	18	25	.	25	24	14	25
<i>Polytrichum formosum</i> Hedw.	13	.	18 *	.	.	.	18	18	.
<i>Pseudorchis albida</i> (L.) Á. Löve & D. Löve	13	.	15	25	.	.	12	18	25
<i>Barbilophozia hatcheri</i> (A. Evans) Loeske	11	8	13	.	13	.	6	18	.
<i>Radula complanata</i> (L.) Dumort.	9	17	8	.	13	25	.	14	.
<i>Anastrophyllum minutum</i> (Schreb.) R.M.Schust.	5	8	5	.	13	.	6	5	.
<i>Racomitrium elongatum</i> Frisvoll	5	8	5	.	13	.	6	5	.
<i>Peltigera aphthosa</i> (L.) Willd.	5	8	5	.	13	.	12	.	.
<i>Luzula multiflora</i> aggr.	5	.	8	.	.	.	6	9	.
<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H. P. Fuchs	5	.	8	.	.	.	6	9	.
<i>Paraleucobryum enerve</i> (Thed.) Loeske	4	8	3	.	13	.	6	.	.
<i>Cladonia</i> cf. <i>cervicornis</i> subsp. <i>cervicornis</i> (Ach.) Flot.	4	8	3	.	13	.	6	.	.
<i>Lobaria linita</i> (Ach.) Rabenh.	4	8	3	.	13	.	6	.	.
<i>Plagiothecium laetum</i> aggr.	4	.	5	.	.	.	6	5	.
<i>Rumex alpestris</i> Jacq.	4	.	5	.	.	.	6	5	.
<i>Alchemilla subsericea</i> aggr.	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Alchemilla vulgaris</i> aggr. s.l.	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Caloplaça sinapisperma</i> (Lam. & DC.) Maheu & A. Gillet	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Calypogeia</i> cf. <i>neesiana</i> (C: Massal. & Cerastia) Müll. Frib.	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Chaerophyllum hirsutum</i> L.	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Gnaphalium norvegicum</i> Gunnerus	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Hypericum maculatum</i> Crantz	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Lophozia</i> cf. <i>wencelii</i> (Nees) Steph.	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Luzula sudetica</i> (Willd.) Schult.	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Phyteuma scheuchzeri</i> All.	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Pseudoleskea radicata</i> (Mitt.) Macoun & Kindb.	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Racomitrium sudeticum</i> (Funck) Bruch & Schimp.	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Veronica serpyllifolia</i> L.	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E. Mattsson & M. J. Lai	2	.	3	.	.	.	6	.	.
<i>Brachythecium</i> cf. <i>albicans</i> (Hedw.) Schimp.	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Brachythecium</i> cf. <i>populeum</i> (Hedw.) Ignatov & Huttunen	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Calypogeia</i> cf. <i>azurea</i> Stotler & Crotz	2	.	3	.	.	.	.	5	.
Cf. <i>Herzogiella striatella</i> (Brid.) Z. Iwats.	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Cirsium spinosissimum</i> (L.) Scop.	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Hieracium pilosella</i> L.	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Plagiomnium affine</i> (Funck) T. J. Kop.	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Racomitrium</i> cf. <i>affine</i> (F. Weber & D. Mohr) Lindb.	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Amblystegium serpens</i> var. <i>juratzkanum</i> (Schimp.) Rau & Herv.	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Aulacomnium androgynum</i> (Hedw.) Schwägr.	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Barbilophozia barbata</i> (Schreb.) Loeske	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Carex echinata</i> Murray	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	2	.	3	.	.	.	.	5	.
Cf. <i>Dicranodontium denudatum</i> (Brid.) E. Britton	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Cladonia</i> cf. <i>humilis</i> (With.) J. R. Laundon	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Eriophorum vaginatum</i> L.	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Lophocolea heterophylla</i> (Schrad.) Dumort.	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Luzula</i> cf. <i>Alpinopilosa</i> (Chaix) Breistr.	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Nephroma parile</i> (Ach.) Ach.	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Placynthiella dasaea</i> (Stirt.) Tønsberg	2	.	3	.	.	.	.	5	.
<i>Tortella tortuosa</i> (Hedw.) Limpr.	2	.	3	.	.	.	.	5	.

3.4 Vergleich der unterschiedlichen Vegetationseinheiten

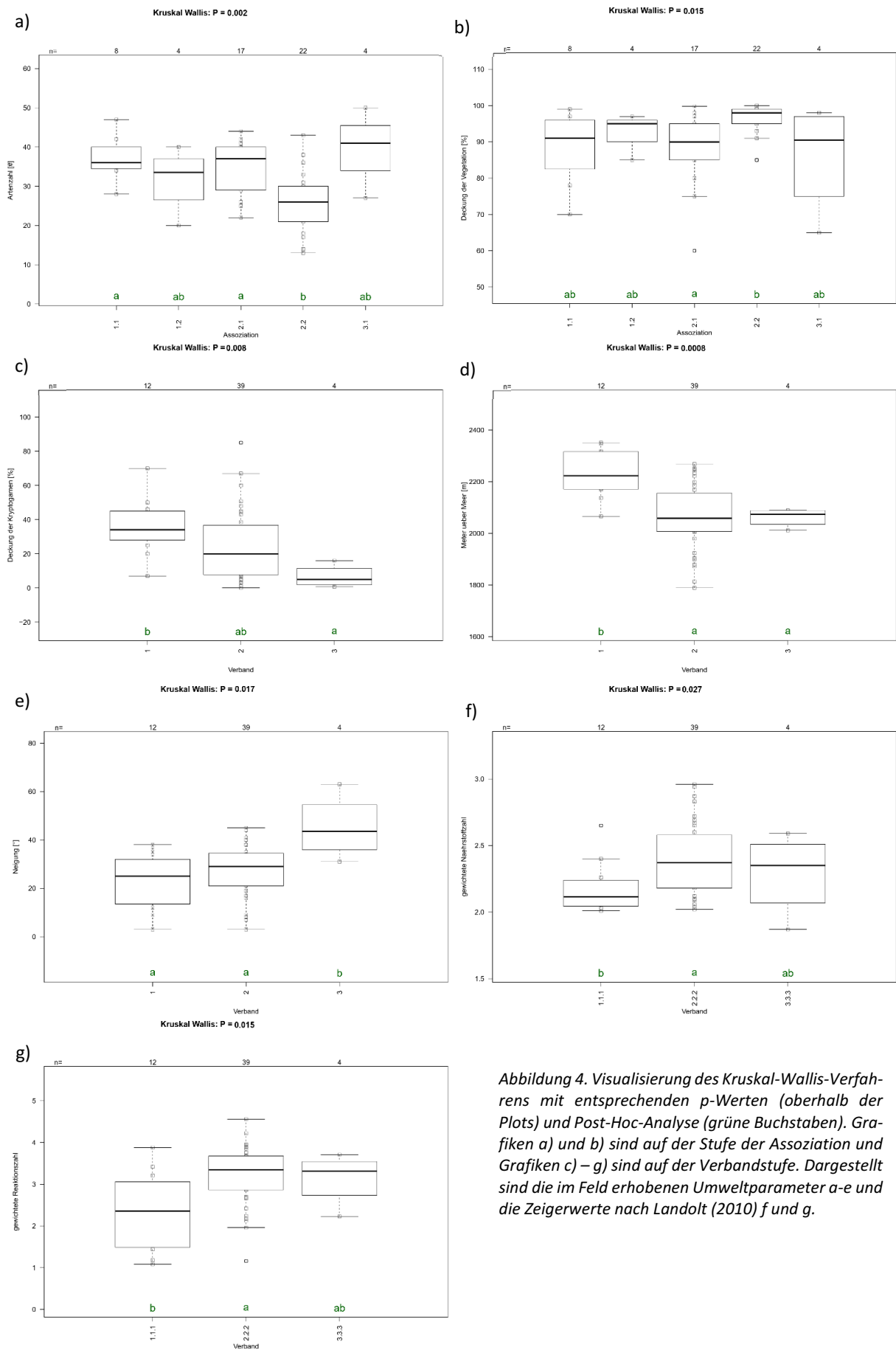


Abbildung 4. Visualisierung des Kruskal-Wallis-Verfahrens mit entsprechenden p-Werten (oberhalb der Plots) und Post-Hoc-Analyse (grüne Buchstaben). Grafiken a) und b) sind auf der Stufe der Assoziation und Grafiken c) – g) sind auf der Verbandstufe. Dargestellt sind die im Feld erhobenen Umweltparameter a-e und die Zeigerwerte nach Landolt (2010) f und g.

Auf Stufe Assoziation bestanden signifikante Unterschiede zwischen den Cluster Medianen bei der Artenzahl (Abbildung 4 a), Deckung der Gesamtvegetation (Abbildung 4 b), Deckung der Kryptogamenschicht (p-Wert: 0.043, keine Abbildung) und der Neigung (p-Wert: 0.003, keine Abbildung). Die Post-Hoc Analyse zeigte, dass die Artenzahl des Clusters 1.1 signifikant höher ist als jene von Cluster 2.2 (p-Wert: 0.02) und auch dass Cluster 2.1 gegenüber Cluster 2.2 signifikant mehr Arten aufweist (p-Wert: 0.025). Bezüglich der Gesamtvegetation wies hingegen Cluster 2.1 verglichen mit Cluster 2.2 eine signifikant niedrigere Deckung auf (p-Wert: 0.017). Obwohl bei der Deckung der Kryptogamenschicht und bei der Neigung signifikante Unterschiede aufgrund der Kruskal-Wallis Analyse festgestellt wurden, konnten diese im Post-Hoc Verfahren nicht weiter präzisiert werden. Auf Stufe des Verbands (Grafiken c-g) wurden signifikante Differenzen bezüglich der Deckung der Kryptogamenschicht (Abbildung 4 c), der Höhe über Meer (Abbildung 4 d) und der Neigung (Abbildung 4 e) festgestellt. Bei der Kryptogamenschicht wichen die Cluster 1 und 3 signifikant voneinander ab (p-Wert: 0.023), wobei Cluster 1 eine höhere Deckung aufwies. Des Weiteren wurde Cluster 1 in signifikant höheren Lagen vorgefunden als Cluster 2 (p-Wert: 0.0008) und auch Cluster 3 (p-Wert: 0.009). Weiter zeigte sich, dass Cluster 3 gegenüber den Cluster 1 (p-Wert: 0.023) und auch Cluster 2 (p-Wert: 0.025) eine signifikant höhere Neigung aufweist.

Auf der Assoziationsstufe wurden hinsichtlich der gewichteten Zeigerwerte keine signifikanten Unterschiede gefunden. In Abbildung 4 f und g ist ersichtlich, dass auf der Verbandsstufe bei der Nährstoffzahl und bei der Reaktionszahl signifikante Differenzen bestanden. Dabei fiel vor allem der Cluster 1 auf, welcher sowohl bei Nährstoffzahl (p-Wert: 0.022), als auch bei der Reaktionszahl (p-Wert: 0.013) signifikant niedrigere Werte vorweist als Cluster 2.

Die DCA wurde mit zwei Umweltparameter abgebildet, welche einen statistisch signifikant mit den Achsen korrelieren. (Abbildung 5). Während dem die erste Achse keine Korrelation mit diesen Umweltparametern aufzeigte, korrelierte die zweite Achse positiv mit Kryptogamenschicht, der Artenzahl und Metern über Meer. Die Eigenvalues der ersten und zweiten Achse betragen 0.56 und 0.40. Die Achsenlänge der 1. und 2. Achse betragen 3.97 und 2.77.

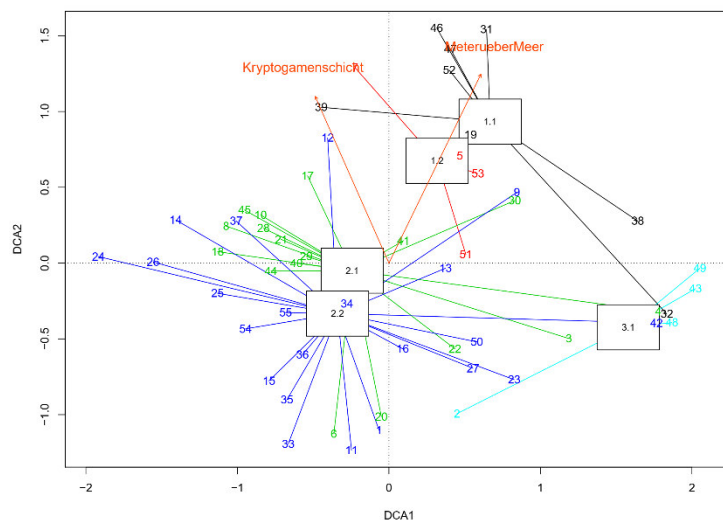


Abbildung 5. Visualisierung der DCA. Dargestellt sind Vegetationsaufnahmen (farbige Zahlen), die Cluster auf Stufe der Assoziation (Umrahmte Zahlen, als Mittelwert der dazugehörigen Vegetationsaufnahmen dargestellt) und Umweltparameter (orange Pfeile). Eigenvalues 1. und 2. Achse: 0.56 und 0.40; Achsenlänge 1. und 2. Achse: 3.97 und 2.77

3.5 Beschreibung der Vegetationseinheiten auf Assoziationsebene

Avenella flexuosa, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium gaultherioides*, *Vaccinium myrtillu* und *Vaccinium vitis-idaea* waren in allen Vegetationseinheiten präsent und werden deshalb nicht mehr erwähnt.

Assoziation 1.1

Diese Gemeinschaft zeichnet sich durch eine hohe epigäische Flechtenflora (im Durchschnitt 14.38 Arten) und durch niedrig wüchsige Pflanzen wie *Loiseleuria procumbens* und *Empetrum nigrum* subsp. *hermaphroditum* aus. Dabei kann *Loiseleuria* eine hohe Dominanz aufweisen (im Durchschnitt 29 %, max. 65 %), während dem *Empetrum* eine deutlich geringere Deckung zeigt. Eine Strauchschicht ist nicht vorhanden und die mittlere Vegetationshöhe reicht bis zum Knöchel (im Durchschnitt 7.58 cm). Neben den Zwergsträuchern behaupten sich auch mehrjährige Hemikryptophyten wie *Hieracium alpinum*, *Primula hirsuta*, *Juncus trifidus*, *Luzula lutea* und *Agrostis rupestris*. Hoch diagnostische Flechten sind unter anderen *Cetraria ericetorum*, *Flavocetraria cucullata*, *Flvocetraria nivalis* und *Thamnolia vermicularis*. Die Artenzahl von Flechten und Moosen zusammen ist höher als die Artenzahl der Gefäßpflanzen.

Diese Einheit besiedelt Standorte bis in die untere alpine Stufe. Der Boden ist sehr sauer, weniger als 20 cm mächtig und kann auch grössere Steine enthalten. Oft auf windexponierten, wenig geneigten Standorten (im Durchschnitt 19.25 %) vorzufinden.

Assoziation 1.2

Diese Gemeinschaft zeichnet sich ebenfalls durch niedrig wüchsige Arten aus. *Loiseleuria procumbens* und *Empetrum nigrum* subsp. *hermaphroditum* treten sehr häufig auf, wobei *Loiseleuria* gegenüber *Empetrum* keine höhere Deckung aufweist. Die Einheit enthält nur wenige Gefäßpflanzen (im Durchschnitt 12.75 Arten). Neben den bereits erwähnten Zwergsträuchern sind *Carex brunnescens* und *Melampyrum sylvaticum* diagnostisch. Eine Strauchschicht ist nicht vorhanden und die mittlere Vegetationshöhe reicht bis zum Knöchel (im Durchschnitt 6.63 cm). Dafür sind Flechten und Moose gut vertreten (im Durchschnitt 19 Arten) und weisen zusammen eine sehr hohe Deckung auf (im Durchschnitt 60.5%). Hoch diagnostische Flechten sind *Cladonia bellidiflora*, *Cladonia grayi* und *Placynthiella uliginosa*. Die Artenzahl von Flechten und Moosen zusammen ist höher als die Artenzahl der Gefäßpflanzen.

Diese Einheit besiedelt Standorte bis in die untere alpine Stufe. Der Boden ist sehr sauer und meistens unter 20 cm mächtig. Dabei handelt es sich um mässig windexponierte Hanglagen, einer durchschnittlichen Neigung von 29.75 %.

Assoziation 2.1

Diese Gemeinschaft weist keine hoch diagnostischen Arten auf. Sie zeichnet sich durch die häufige Präsenz von *Rhododendron ferrugineum* und eine hohe Anzahl an mehrjährigen Hemikryptophyten aus. So gehören unter anderen *Geum montanum*, *Homogyne alpina*, *Ranunculus montanus* agg. und *Agrostis schraderiana* zu den diagnostischen Arten dieser Einheit. Eine Strauchschicht kann vorhanden sein und die mittlere Vegetationshöhe reicht deutlich über den Knöchel (im Durchschnitt 19.71 cm). Die Präsenz von Flechten nimmt ab und deshalb

sind sie unter den diagnostischen Arten kaum mehr vertreten. Die Moosschicht jedoch ist ausgeprägt und weist eine Durchschnittliche Deckung von 17.84 % auf. Die Artenzahl von Flechten und Moosen zusammen ist geringer als die Artenzahl der Gefäßpflanzen.

Diese Einheit besiedelt Standorte von der subalpinen bis in die untere alpine Stufe. Der Boden ist sauer und meistens unter 20 cm mächtig. Dabei handelt es sich um wenig windexponierte Hanglagen, mit einer durchschnittlichen Neigung von 32.24 %.

Assoziation 2.2

Diese Gemeinschaft zeichnet sich durch die Präsenz von *Rhododendron ferrugineum* und das Vorkommen von Arten aus, welche häufig in Wäldern wachsen. Dazu gehören *Blechnum spicant*, *Luzula sylvatica* agg., *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosa*, *Pteridium aquilinum* und *Rhytidiadelphus triquetrus*. Eine Strauchschicht kann vorhanden sein und die mittlere Vegetationshöhe reicht bis unter das Knie (im Durchschnitt 29.74 cm). Es sind nur wenige Flechtenarten mit geringer Deckung vorhanden. Die Moosschicht ist gut entwickelt und weist eine Durchschnittliche Deckung von 19.25 % auf. Diagnostische Moosarten sind *Barbilophozia lycopodioides*, *Dicranum polysetum*, *Ptilidium ciliare* und *Rhytidiadelphus triquetrus*.

Diese Einheit besiedelt Standorte in der subalpinen Stufe. Der Boden ist sauer und häufig über 20 cm mächtig. Dabei handelt es sich um wenig windexponierte Hanglagen, mit einer durchschnittlichen Neigung von 23.59 %.

Assoziation 3.1

Diese Gemeinschaft zeichnet sich durch die Anwesenheit von *Arctostaphylos uva-ursi*, einer hohen Gesamtartenzahl und einer sehr geringen Deckung von Flechten und Moosen aus. Hinzu kommt eine hohe Anzahl an hoch diagnostischen Arten, darunter zum Beispiel *Campanula barbata*, *Gentiana acaulis*, *Laserpitium halleri*, *Phyteuma betonicifolium* und *Pedicularis tuberosa*. Trotz der geringen Deckung der Moosschicht, besitzt diese Einheit mit durchschnittlich 9.75 Arten die höchste Anzahl an Moosen. Der Flechtenreichtum mit 5.5 Arten im Schnitt ist weniger ausgeprägt.

Diese Einheit besiedelt vor allem Standorte in der subalpinen Stufe. Der Boden ist sauer und häufig über 20 cm mächtig. Es können grössere Steine und Felsen vorhanden sein. Dabei handelt es sich windexponierte Hanglagen, mit einer sehr hohen durchschnittlichen Neigung von 42.25 %.

4 Diskussion

4.1 Synoptische Tabelle und Klassifikation

Auf 2 Hierarchieebenen konnten insgesamt 8 Cluster definiert werden. Auf Stufe des Verbandes wurden 3 Cluster gebildet, welche den Verbänden *Loiseleurio procumbentis-Vaccinion* (Cluster Nr. 1), *Rhododendro ferruginei-Vaccinion* (Cluster Nr. 2) und *Juniperion nanae* (Cluster Nr. 3) zugeordnet werden konnten. Auf Stufe der Assoziationen wurden 5 Cluster gebildet. 4 dieser Cluster konnten bereits vorhandenen Assoziationen zugeordnet werden: *Loiseleurio-Cetrarietum* (Cluster Nr. 1.1), *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* (Cluster Nr. 1.2) und *Junipero-Arcostaphyletum* (Cluster Nr. 3.1). Cluster Nr. 2.2 wurde dem *Rhododendron ferruginei* zugeordnet und für den Cluster 2.1 wurde die neue Assoziation *Cetrario-Rhododendretum* definiert (Abbildung 6; Anhang)

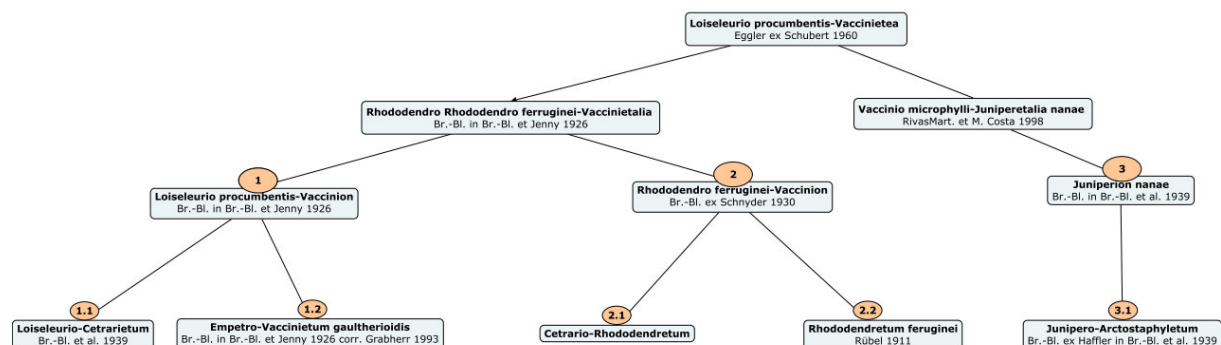


Abbildung 6. Klassifikation der Cluster; Die Cluster-Nummern sind rötlich hinterlegt und den entsprechenden Syntaxa zugeordnet. Höhere Syntaxa entsprechen (Mucina et al., 2016), Syntaxa auf Assoziationsebene wurden nach (Schubert et al., 2010), benannt.

Anhand der Zwergsträucher war die Einteilung der Cluster auf Verbandsstufe eindeutig. Aufgrund der Arten *Loiseleuria procumbens* und *Empetrum nigrum* subsp. *hermaphroditum* wurde der Cluster 1 dem Verband *Loiseleurio procumbentis-Vaccinion* zugeordnet (Grabherr & Mucina, 1993; Pott, 1995). Der Reichtum an Flechten dieser Gruppe bekräftigte diese Zuordnung (Reisigl & Keller, 1994; Schubert et al., 2010). Interessanterweise fehlt in den tschechischen und slowakischen Klassifizierungswerken die namensgebende Art *Loiseleuria procumbens* (Chytrý, 2010; Jarolímek et al., 2008). Auch die nächsten zwei Verbände scheinen im tschechischen und slowakischen Kulturraum nicht bekannt zu sein (Chytrý, 2010; Jarolímek et al., 2008). Die diagnostische Art *Rhododendrum ferrugineum* und das Vorhandensein von (Wald-)Arten wie *Luzula sylvatica*, *Calamagrostis villosa*, *Rhytidiadelphus triquetrus* und *Hylocomium splendens* führten dazu, dass Cluster 2 dem *Rhododendro ferruginei-Vaccinion* zugeteilt werden konnte (Grabherr & Mucina, 1993; Schubert et al., 2010). Laut Grabherr & Mucina (1993) wäre *Ligusticum mutellina* als Trennart ebenfalls diesem Verband zu zuordnen. Stattdessen wurde diese Pflanze als diagnostische Art in das *Juniperion nanae* gruppiert (Tabelle 1). Es wird vermutet, dass eine solche Einteilung mit der ungleichen Gruppengröße zu tun hat. Die Arten *Arctostaphylos uva-ursi* und *Hieracium intybaceum* sorgte für die Zuteilung des dritten Clusters als *Juniperion nanae* (Grabherr & Mucina, 1993; Pott, 1995). Auch hier gibt es Diskrepanzen, da Grabherr & Mucina (1993) *Sempervivum montanum* als Kennart dem *Juniperion nanae* zuordnen.

Die Klassifikation auf Stufe der Assoziation erwies sich schwieriger. Beim Cluster 1 war es die Pflanzenart *Hieracium alpinum* und die Flechtenarten *Alectoria ochroleuca*, *Cladonia uncialis*, *Flavocetraria cucullata*,

Flavocetraria nivalis und *Thamnolia vermicularis*, welche auf ein *Loiseleurio-Cetrarietum* hinweisen (Grabherr & Mucina, 1993; Schubert et al., 2010). Diese Flechten nämlich besiedeln windexponierte Standorte (Wirth & Kirschbaum, 2017). Die Zuteilung des Cluster 1.2 zur Assoziation *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* war weniger eindeutig. Auf der einen Seite wurden viele in von Grabherr & Mucina (1993) genannten Arten in dieser Arbeit einem anderen Cluster zugeteilt oder treten nur als Begleitarten auf (z.B. *Barbilophozia lycopodioides*, *Hylocomium splendens*, *Peltigera aphthosa*, *Melampyrum pratense*). Auf der anderen Seite deuten die hohe Konstanz und die hohe Dominanz (bis zu 50 %) von *Empetrum nigrum* subsp. *hermaphroditum* im Cluster 1.2 auf das *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* hin. Auch die dekorative Strauchflechte *Cladonia stellaris* passt in diese Syntaxa (Ellenberg & Leuschner, 2010; Grabherr & Mucina, 1993). Eine eindeutige Zuteilung zu dieser Gesellschaft wird dadurch erschwert, dass deren Begleitarten auch in den anderen subalpinen Zwergstrauchgesellschaften auftreten (Reisigl & Keller, 1994). Laut Grabherr & Mucina (1993) handelt es sich bei dieser Einheit um eine Übergangsgesellschaft zwischen dem exponierten Windheide und dem schneegeschützten Rost-Alpenrosen Gesellschaft. Unter Berücksichtigung der geringen Gruppengrösse erscheint die Zuteilung des Cluster 1.2 zu *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* zutreffend. Zusätzlich könnte das Fehlen der Flechten *Thamnolia vermicularis* und *Flavocetraria nivalis* ein Hinweis, dass dieses Cluster Standorte besiedelt, die weniger windexponiert sind, so wie die Assoziation *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* (Pott, 1995). Die tschechische Klassifikation nach Chytrý (2010) kennt die zwei erwähnten Assoziation im Verband *Loiseleurio procumbentis-Vaccinion* nicht, sondern definiert zwei andere Gesellschaften: Das *Avenello flexuosae-Callunetum vulgaris* und das *Junco trifidi-Empetretum hermaphroditum*. Dies könnte unter anderem auf das Fehlen der prägenden Art *Loiseleuria procumbens* zurückzuführen sein.

Anhand der Arten *Rhododendrum ferrugineum*, *Calamagrostis villosa* und *Rhytidiadelphus triquetrus* wurde die Zuteilung des Clusters 2.2 zur Assoziation *Rhododendretum ferruginei* vorgenommen (Grabherr & Mucina, 1993; Schubert et al., 2010). Die letzte, neu definierte Assoziation *Cetrario-Rhododendretum* zeichnet sich neben den gewissen «Waldarten» (z.B. *Homogyne alpina*) durch eine ausgeprägtere Flechtenflora und Arten wie *Sempervivum montanum* und *Helictotrichon versicolor* aus. Dies deutet ökologisch auf teilweise trockenere, lichtere Standorte hin. Die hohe Artenzahl (im Durchschnitt 39.75 Arten) und die Pflanzen *Arctostaphylos uva-ursi* und *Hieracium intybaceum* sorgten für die Zuordnung des Cluster 3.1 zur Assoziation *Junipero-Arctosaphyletum* (Grabherr & Mucina, 1993; Pott, 1995). Die steile Neigung des Geländes (Abbildung 4 c) und an Trockenheit angepasste Pflanzen wie *Laserpitium halleri* deuten ebenfalls auf diese Assoziation hin (Ellenberg & Leuschner, 2010; Schubert et al., 2010).

Inwiefern die Teilung des Verbandes *Rhododendro ferruginei-Vaccinion* in zwei Assoziationen sinnvoll ist, kann diskutiert werden. Auf der einen Seite wird in der Literatur (Bergmeier, 2020; Ellenberg & Leuschner, 2010; Pott, 1995; Reisigl & Keller, 1999; Schubert et al., 2010) innerhalb des *Rhododendro ferruginei-Vaccinion* oft nur 1 Assoziation beschrieben, und zwar das *Rhododendretum ferruginei*. Auf der anderen Seite können diese Gruppen floristisch voneinander abgetrennt werden und sie unterscheiden sich auch signifikant bezüglich Artenzahl (Abbildung 4 a) und der Deckung der Gesamtvegetation (Abbildung 4 b). Eine andere Möglichkeit wäre gewesen, alle 39 Plots des Verbandes *Rhododendro ferruginei-Vaccinion* dem *Rhododendretum ferruginei* zuzuordnen.

Diese Assoziation hätte man dafür in zwei Subassoziationen aufteilen können. Aus statistischen Gründen (Anzahl Plots pro Cluster) wurde die Aufteilung jedoch auf der Assoziationsebene vorgenommen.

Unter den diagnostischen Arten aller Cluster befinden sich entweder Moose oder Flechten oder beide. Auf der einen Seite deutet dies darauf hin, dass Kryptogamen einen wichtigen Bestandteil dieser Gesellschaften bilden. Konsequenterweise macht es Sinn, Flechten und Moose bei der Klassifikation von arktisch-alpinen Windheiden zu berücksichtigen (Berg & Dengler, 2005). Auf der anderen Seite jedoch gibt es die Meinung, dass Kryptogamengesellschaften aufgrund ihrer poikilohydrischen Art zu leben die Umwelt anders als Phanerogamen reflektieren (Bültmann, 2012; Mucina et al., 2016). Während dem epilithische und epiphytische Flechten und Moose als unabhängige Gesellschaften bewertet werden können, scheint dies bei epigäischen Kryptogamen disputabel (Bültmann, 2012). Nach Ellenberg & Leuschner (2010) wachsen im *Loiseleurietum* (-> *Loiseurio-Cetrarietum*, Cluster 1.1) dieselben Flechtenarten wie *Elynetum cetrarietosum* (Nacktriedrasengesellschaft). Dies lässt eine gewisse Unabhängigkeit dieser Flechtenarten von den übrigen Vertretern der Gesellschaft erahnen. Die Tabelle 1 zeigt jedoch deutlich, dass zum Beispiel Flechten wie *Cetraria ericetorum*, *Cladonia uncialis*, *Flavocetraria nivalis* und *Thamnolia vermicularis* zumindest innerhalb der untersuchten Zwergstrauchgesellschaften eine eindeutige Treue gegenüber der Assoziation *Loiseurio-Cetrarietum* (Cluster 1.1) aufweisen. Dasselbe gilt für Flechtenarten wie *Cladonia bellidiflora*, *Cladonia grayi* und *Placynthiella uliginosa* bei der Assoziation *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* (Cluster 1.2). Aus diesem Grund wurden in dieser Arbeit Flechten, Moose und höhere Pflanzen zusammen klassifiziert.

4.2 Unterschiede der Vegetationseinheiten

Bei der Interpretation der statistischen Ergebnisse muss die ungleiche Anzahl an Vegetationsaufnahmen innerhalb der gebildeten Cluster berücksichtigt werden. Die Verteilung entsteht durch das Zusammenfügen von Clustern, welche aus dem TWINSpan Verfahren resultierten. Dies war nötig, um floristisch sinnvolle Einheiten bilden zu können.

In der Abbildung 4 a ist zu erkennen, dass das Cluster 3.1 mit 41 Arten im Median die höchste Artenzahl hat. Dies könnte mit der relativ hohen Anzahl an vaskulären Pflanzenarten zu tun haben. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass diese Gesellschaft oft verzahnt mit *Nardion strictae* Gesellschaften auftritt. So sind zum Beispiel *Campanula barbata*, *Phyteuma betonicifolium*, *Gentiana acaulis*, *Anthoxanthum odoratum* aggr. und *Racomitrium canescens* aggr. ebenfalls in Borstgrasrasen zu finden (Delarze et al., 2015; Pott, 1995). Im Gegensatz dazu hat Cluster 2.2 mit 26 Arten im Median die tiefste Artenzahl. Einen Einfluss auf diese Zahl üben sicherlich jene Vegetationsaufnahmen, welche eine hohe Dominanz an *Rhododendron ferrugineum* (bis 87 % Deckung) oder allgemein eine hohe Deckung an Zwergsträuchern aufweisen (bis zu 98%). Solche Plots weisen mit insgesamt 13 und 14 Arten im gesamten Datensatz die geringste Artenzahl auf.

Die Neigung ist bei Cluster 3 am höchsten (Abbildung 4 e). Das *Juniperion nanae* besiedeln nämlich sonnige Felsabhänge. Dabei handelt es sich um trockene Standorte, da aufgrund der hohen Neigung das Wasser im Sommer abfließt und der Schnee im Winter abrutscht und somit keine isolierende Decke bilden kann (Delarze et al., 2015; Pott, 1995; Reisigl & Keller, 1999). Aus diesem Grund wachsen dort zum Beispiel Arten wie *Laserpitium halleri*,

Hieracium hoppeanum, *Veronica fruticans* und *Hieracium intybaceum* mit einer Feuchtezahl von 2 (Info Flora, 2020).

Wie aus Abbildung 4 b zu entnehmen ist, weist die Gesamtdeckung der Vegetation bei allen Gruppen im Median 90% oder mehr auf. Auffallend ist, dass Cluster 2.2 trotz der hohen Anzahl an Plots eine sehr kleine Streuung aufweist. Es wird davon ausgegangen, dass dies aus einer hohen Dominanz von Zwergsträuchern mit bis 98% Deckung und einer gut entwickelten Mooschicht mit bis 47% Deckung resultiert. Diese Eigenschaft der Alpenrosenheiden wird auch in der Literatur beschrieben (Delarze et al., 2015; Grabherr & Mucina, 1993; Schubert et al., 2010). Abbildung 4 c zeigt, dass das *Loiseleuria procumbentis*-*Vaccinion* eine höhere Kryptogamenschicht aufweist. Diese Ausprägung mit einer hohen Artenzahl und einem hohen Anteil an Flechten einhergeht (Anhang). Einerseits besiedelt das *Loiseleuria procumbentis*-*Vaccinion* dem Wind ausgesetzte Kuppen. Diese bieten für viele Gefäßpflanzen ungünstige Wachstumsbedingungen an, so dass Erdbewohnende Flechten konkurrenzfähig werden können (Ellenberg & Leuschner, 2010; Reisigl & Keller, 1994; Wirth et al., 2013). Andererseits bietet *Loiseleuria procumbens* durch ihren dichten, verzweigtem Wuchs den zahlreichen Strauchflechten Halt, ohne den sie sich wegen dem Wind kaum verankern könnten. Die kälte- und windresistenten Flechten wiederum geben der *Loiseleuria* zusätzlichen Schutz (Reisigl & Keller, 1994).

Abbildung 4 d verdeutlicht, dass das *Loiseleuria procumbentis*-*Vaccinion* im Vergleich zu den anderen in dieser Arbeit beschriebenen Heidegesellschaften des *Loiseleuria procumbentis*-*Vaccinietea* höhere Lagen besiedeln kann. Der Grund dafür findet sich in den starken Anpassungen der Vegetation dieser Einheit an extreme klimatische Bedingungen, wie zum Beispiel Trockenheit (Delarze et al., 2015; Ellenberg & Leuschner, 2010; Reisigl & Keller, 1994).

Gegen die Erwartungen ist die Exposition statistisch nicht signifikant (P-Wert: 0.06, keine Graphik vorhanden). Von der Exposition nämlich wird das Wärmeklima der Lokalität bestimmt. Dazu kommt, dass die Bedeutung der Exposition mit der Höhe zunimmt (Pott & Hüppe, 2007; Reisigl & Keller, 1994). So lag die Vermutung nahe, dass sich dieser Einfluss in den Auswertungen zeigen wird. Es wird davon ausgegangen, dass mit mehr Vegetationsaufnahmen und durch Ausdehnung des Untersuchungsgebietes auf weitere Gebiete auch dieser Faktor zu signifikanten Unterschieden zwischen den Clustern führen würde.

Auf der Stufe der Assoziation gibt es bezüglich der Zeigerwerte keine signifikanten Unterschiede. Auf der Stufe des Verbandes sind die bodenbezogene Parameter Nährstoffzahl und Reaktionszahl zwischen den Clustern signifikant unterschiedlich (Abbildung 4 f und g). Der Verband *Loiseleuria procumbentis*-*Vaccinion* (Cluster 1) siedelt sich nämlich an Standorten mit sehr saurem und oligotrophem Boden an (Mardari et al., 2020). Wegen den klimatischen Verhältnissen sind die Bodenprozesse gehemmt und durch den Wind ist der Boden der Erosion ausgesetzt (Reisigl & Keller, 1994).

Die Interpretation der erste Achse der Ordination (Abbildung 5) ist nicht eindeutig auf einen Umweltparameter zurückzuführen. Es wird davon ausgegangen, dass diese sich aus mehreren Faktoren zusammensetzt. Die zweite Achse hingegen zeigt eine Korrelation mit Kryptogamenschicht und Meter über Meer. Aufgrund des tieferen Eigenvalues der 2. Achse (0.40) jedoch ist diese Interpretation nur mit Vorsicht zu genießen. Bemerkenswert

jedoch ist, dass die Datensätze der einzelnen Cluster stark gestreut sind und sich räumlich überlappen. So befindet sich zum Beispiel der Plot 32 räumlich neben dem Cluster 3.1, obwohl er jedoch dem Cluster 1.1 zugeordnet wurde. Dabei gruppiert das verwendete TWINSpan-Verfahren bereits bei der ersten Spaltung des gesamten Datensatzes die Aufnahme 32 in eine andere Gruppe als die Aufnahmen 43, 48 und 49 (alle drei in Cluster 3.1). Wie genau dieser Unterschied zustande kommt, kann nicht abschliessend beurteilt werden. Die kurze Länge der 1. DCA Achse von 3.97 deutet darauf hin, dass entlang dieser Achse knapp ein einfacher Artenwechsel erfolgt (Berg & Mages, 2019). Möglicherweise ist der Artenwechsel zwischen den Aufnahmen so gering, dass die Unterschiede innerhalb der Verfahren umso mehr ins Gewicht fallen. Hinzu kommt, dass kein eindeutiger Hauptgradient entlang der 1. Achse bestimmt werden konnte. Sowohl bei TWINSpan, als auch bei der DCA, gilt dies als wichtige Voraussetzung für eine sinnvolle Anwendung (Berg & Mages, 2019). Es wird davon ausgegangen, dass sich bei Ausweitung des Untersuchungsgebietes auf andere Regionen und bei einer Vergrösserung des Datensatzes diese Probleme erübrigen würden.

4.3 Fazit und Ausblick

Abschliessend lässt sich sagen, dass drei Zwergstrauchverbände nach Delarze et al. (2015) nachgewiesen werden konnten: Das *Juniperion nanae*, das *Rhododendro ferruginei-Vaccinion* und das *Loiseleurio procumbentis-Vaccinion*. Die Artenzusammensetzung stimmt im Großen und Ganzen mit den Angaben von Delarze et al. (2015) überein. Es wurden zwar nicht alle von Delarze aufgelisteten Arten gefunden, was aber damit zu tun haben könnte, dass die Untersuchung sich auf eine Region beschränkte. Auch die ökologischen Bedingungen und die Angaben der Höhenverteilung decken sich mit den Ergebnissen dieser Arbeit. Zusätzlich konnten die Angaben von Delarze in dieser Arbeit präzisiert werden, in dem sie mit konkreten Messwerten unterlegt wurden. Die weitere Unterteilung der Verbände in Assoziationen war ebenfalls erfolgreich. Da das *Ericion carnea* auf basischem Boden wächst, wurde diese Gesellschaft im Untersuchungsgebiet nicht gefunden und konnte nicht beurteilt werden.

Die gesamte Datenerhebung fand auf der Alp Glivers statt. Entsprechend repräsentiert der Datensatz diese Region. Um die Erkenntnisse dieser Arbeit auf grössere Gebiete der Schweiz ausweiten zu können, ist es nötig auch Aufnahmen aus anderen Regionen hinzu zu ziehen. Zusätzlich wäre es wertvoll, die in dieser Arbeit erhobenen Aufnahmen zeitlich versetzt zu wiederholen, um Veränderungen der Vegetation erfassen zu können. In einem weiteren Schritt wäre es spannend, die Zeigerwerte der Moose und auch der Flechten hinzuzuziehen. Im Hinblick auf die Diskussion über die Unabhängigkeit von Kryptogamen, insbesondere von epigäischen Flechten, gegenüber Phanerogamen könnte eine solche Untersuchung sehr aufschlussreich sein.

Danksagung

Ein grosser Dank geht an Jürgen Dengler, dessen wunderbare Betreuung und offenes Ohr mir immer wieder eine Stütze war. Ich möchte mich auch herzlich bei David und Nadia Deplazes bedanken. Ohne die von ihnen zur Verfügung gestellte Unterkunft auf der Alp Glivers wäre diese Arbeit gar nicht erst zustande gekommen. Für die Unterstützung von folgenden Personen/ Institutionen möchte ebenfalls von Herzen bedanken: Daniel Hepenstrick, Steffen Boch, der Verein Bryolich, Hallie Seiler und meiner Familie.



Abbildung 7. Vaccinium-Heide mit Strauchflechten (Jürgen Dengler, 2020)

Literaturverzeichnis

- Baltisberger, M., Nyffeler, R., & Widmer, A. (2013). *Systematische Botanik: Einheimische Farn- und Samenpflanzen* (4. Auflage). vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich.
- Berg, C., & Dengler, J. (2005). Moose und Flechten als diagnostische Arten von Pflanzengesellschaften – eine Übersicht aus Mecklenburg-Vorpommern. *Herzogia* 18, 145 - 161.
- Berg, C., & Magnés, M. (2019). Kurzanleitung für TURBOVEG und JUICE im Rahmen der Lehrveranstaltung „Auswertung und Analyse vegetationskundlicher Daten“ Version 2.5, *Zeitschrift unbekannt*, 35.
- Bergmeier, E. (2020). Die Vegetation Deutschlands – eine vergleichende Übersicht der Klassen, Ordnungen und Verbände auf Grundlage der EuroVegChecklist. *Tuexenia* 40, 19 - 32.
- Bültmann, H. (2012). THE LICHEN SYNTAXA IN THE CHECKLIST OF HIGHER SYNTAXA OF EUROPE – AN OVERVIEW AND WHAT WE CAN DO WITH THEM. *Annali Di Botanica* 2, 11-18.
- Chytrý, M. (Hrsg.). (2010). *Travninná a keříčková vegetace =: Grassland and heathland vegetation* (2. Auflage). Academia, Paha.
- Clerc P. und Truong C. (2012). *Catalogue des lichens*. <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/cataloguelichen> (Zugriff am 23.12.2020)
- Dakskobler, I., & Surina, B. (2017). Phytosociological analysis of alpine swards and heathlands (pioneer patches) on ridges and peaks in the Julian Alps (NW Slovenia). *Hacquetia* 16/1, 49–171.
- Delarze, R., Gonseth, Y., Eggenberg, S., & Vust, M. (2015). *Lebensräume der Schweiz: Ökologie - Gefährdung - Kennarten* (3. Auflage). Ott der Sachbuchverlag, Bern.
- Dengler, J., Boch, S., Filibeck, G., Chiarucci, A., Dembicz, I., Guarino, R., Henneberg, B., Janišová, M., Marcenò, C., Naqinezhad, A., Polchaninova, N. Y., & Biurrun, I. (2016). Assessing plant diversity and composition in grasslands across spatial scales: The standardised EDGG sampling methodology. *Bulletin of the Eurasian Dry Grassland Group* 32, 18, 13-30.
- Dengler, J., Chytry, M., Ewald, J. (2008). Phytosociology, in *General Ecology Vol. 4 of Encyclopedia of Ecology*, 2767 – 2779. Elsevier, Oxford.
- Dengler, J., Cykowska-Marzencka, B., Bruderer, T., Dolnik, C., Neumann, P., Riedel, S., Seiler, H., Zhang, J., & Dembicz, I. (2020). Sampling multi-scale and multi-taxon plant diversity data in the subalpine and alpine habitats of Switzerland: Report on the 14th EDGG Field Workshop. *Bulletin of the Eurasian Grassland Group* 47, 14-32.
- Ellenberg, H., & Leuschner, C. (2010). *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht* (6. Auflage). Ulmer, Stuttgart.

- Grabherr, G., Gottfried, M., & Pauli, H. (2010). Climate Change Impacts in Alpine Environments: Climate change impacts in alpine environments. *Geography Compass* 4/8, 1133–1153.
- Grabherr, G. & Mucina, L. (1993). *Die Pflanzengesellschaft Österreichs. Teil II Natürliche waldfreie Vegetation*. Gustav Fischer, Jena.
- Gray, V. (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis Summary for Policymakers. *Energy & Environment* 18(3–4), 433–440.
- Hill, M. (1979). TWINSpan—A Fortran Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-way Table by Classification of The Individuals and Attributes. In *Cornell's Ecology Program Series*. Cornell University, New York.
- Info Flora. (2020). *Info Flora*. Info Flora. <https://www.infoflora.ch/de> (Zugriff am 28.12)
- Institut für Systematische und Evolutionäre Botanik. (2020). *Swiss Bryophytes*. <https://www.swissbryophytes.ch/index.php/de/> (Zugriff am 2.1.2020)
- Jarolímek, I., Šibík, J., & Hegedúšová, K. (2008). *Diagnostic, constant and dominant species of the higher vegetation units of Slovakia*. VEDA, Bratislava.
- Juillerat, P., Bäumler, B., Bornand, C., Eggenberg, S., Gyga, A., Jutzi, M., Möhl, A., Nyffeler, R., Sager, L. & Santiago, H. 2017. *Flora Helvetica Checklist 2017 der Gefäßpflanzenflora der Schweiz*. Info Flora, Bern.
- Kauf, P. (2020). *Tests_and_visuals*. [R-Script]
- Keatinge, T. H. (1975). Plant Community Dynamics in Wet Heathland. *The Journal of Ecology* 63/1, 163-172.
- Küchler, M. (2019). *VEGEDAZ*. Forschungseinheit Biodiversität und Naturschutzbiologie, Eidg. Forschungsanstalt WSL. [Computer software]
- Landolt, E., Bäumler, B., & Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève (Hrsg.). (2010). *Flora indicativa* (2. Auflage). Haupt, Bern.
- Lauber, K., & Wagner, G. (2009). *Flora Helvetica* (4. Auflage). Haupt, Bern.
- Mardari, C., Oprea, A., Mânzu, C., & Bîrsan, C. (2013). THE DWARF SHRUBS COMMUNITIES WITHIN VACCINIETEA *Egglar ex Schubert 1960 FROM ROMANIAN EASTERN CARPATHIANS*. *Journal of Plant Development* 20, 121-140.
- Mardari, C., Vassilev, K., Šibík, J., Bîrsan, C., Velez, N., Nazarov, M., Copot, O., & Tănase, C. (2020). Variability and plant communities' diversity of acidophilous dwarf-heath mountain tundra (the class Loiseleurio-Vaccinietea) in Romanian Carpathians. *Biologia* 76, 1-22.

- Mucina, L., Bültmann, H., Dierßen, K., Theurillat, J., Raus, T., Čarni, A., Šumberová, K., Willner, W., Dengler, J., García, R. G., Chytrý, M., Hájek, M., Di Pietro, R., Iakushenko, D., Pallas, J., Daniëls, F. J. A., Bergmeier, E., Santos Guerra, A., Ermakov, N., ... Tichý, L. (2016). Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, 19/Suppl. 1, 3–264.
- Oksanen, J., F. Guillaume, B., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., & O'Hara, R. B. (2020). *Vegan* (2.5-7) [Computer software].
- Clerc, P. & Truong, C. (2012). *Catalogue des lichens—Liste des lichens*. <http://www.ville-ge.ch/mu-sinfo/bd/cjb/cataloguelichen> (Zugriff am 23.12.2020)
- Pott, R. (1995). *Die Pflanzengesellschaften Deutschlands* (2. Auflage). Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart.
- Pott, R., & Hüppe, J. (2007). *Spezielle Geobotanik: Pflanze - Klima - Boden ; mit 31 Tabellen*. Springer, Berlin.
- Reisigl, H., & Keller, R. (1994). *Alpenpflanzen im Lebensraum* (2. Auflage). Gustav Fischer Verlag, Berlin.
- Reisigl, H., & Keller, R. (1999). *Lebensraum Bergwald* (2. Auflage). Gustav Fischer Verlag, Berlin.
- Sanda, V., Öllerer, K., & Burescu, P. (2008). *Fitocenozele din România: Sintaxonomie, structură, dinamică și evoluție*. Ars Docendi, Bukarest.
- Schubert, R., Hilbig, W., & Klotz, S. (2010). *Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands* (2. Auflage). Spektrum Verlag, Heidelberg.
- Schweizerische Eidgenossenschaft. (2020). *Swiss Geoportal* [Geografisches Informationssystem]. <https://map.geo.admin.ch> (Zugriff am 11.12.2020)
- The R Foundation for Statistical Computing. (2019). Rstudio (3.6.1) [Computer Software].
- Tichý, L. (2002). JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* 13/3, 451–453.
- Tichý, L., & Chytrý, M. (2006). Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. *Journal of Vegetation Science* 17/6, 809–818.
- Wirth, V., Hauck, M., & Schultz, M. (2013). *Die Flechten Deutschlands*. Ulmer, Stuttgart.
- Wirth, V., & Kirschbaum, U. (2017). *Flechten einfach bestimmen* (2. Auflage). Quelle & Meyer, Wiebelsheim.
- Zuber, R. (2010). *Forstgeschichte*. regiun. <https://www.regiun.ch/index.php?id=32> (Zugriff am 28.12.2020)

Titelbild: eigene Aufnahme (2020), mit Gimp 2.10.14 nachbearbeitet

Age Group	Percentage of Respondents
18-24	95
25-34	85
35-44	75
45-54	65
55-64	55
65-74	45
75-84	35
85+	10

[illegible]

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and the role of the accounting system in providing reliable financial information.

2. The second part of the document describes the various methods used to collect and analyze data, including interviews, surveys, and focus groups, and the challenges associated with each method.

3. The third part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and the role of the accounting system in providing reliable financial information.

4. The fourth part of the document describes the various methods used to collect and analyze data, including interviews, surveys, and focus groups, and the challenges associated with each method.

5. The fifth part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and the role of the accounting system in providing reliable financial information.

6. The sixth part of the document describes the various methods used to collect and analyze data, including interviews, surveys, and focus groups, and the challenges associated with each method.